

## 3次元ヒストグラムを用いたNOAA画像海域カテゴリ の境界決定法

著者	河野 公一, 工藤 純一, カワノ コウイチ, クドウ ジュンイチ, KAWANO Koichi, KUDOH Jun-ichi
雑誌名	東北アジア研究
号	7
ページ	111-124
発行年	2003-03-31
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10097/41082">http://hdl.handle.net/10097/41082</a>

## 3次元ヒストグラムを用いた NOAA画像海域カテゴリの境界決定法

### Boundary Decision Method for Sea Detection Using the Three Dimensional Histogram of NOAA AVHRR Images

河野公一 (Koichi KAWANO)\*、工藤純一 (Jun-ichi KUDOH)\*\*

キーワード: 気象衛星NOAA、海域、3次元ヒストグラム

#### 概 要

本研究はNOAA画像を用いて海洋学の研究者の手作業による分類情報から3次元ヒストグラムを作成し、海洋学の研究者の分類に近い抽出を自動的に行う方法を開発することで、海洋学の研究者が行う未知画像からの海域の抽出を補助するものである。従来法では海洋学の研究者が多くの画像から海域を分類すればするほど、その分類情報を用いて作成される海域のヒストグラムは正確なものになる一方、海域とそれ以外の境界領域で生じる分類誤りは分類を行うシーン数に応じてそのままヒストグラムに蓄積されてしまうという問題があった。海域のヒストグラム中に含まれる分類誤りが一方的に増加すると、海域の抽出率は減少するため、分類を行うシーン数に依存しない海域のヒストグラムの作成方法の開発が必要である。

本報ではヒストグラムの頻度数情報を利用して、海域とそれ以外のヒストグラムの境界を決定し、海域のヒストグラムを再構成することで、境界領域の分類誤りを軽減する方法を開発し、評価実験を行った。本方法を用い1990年のデータから海域の抽出を行った結果、チャンネル1,2,3を用いた場合に平均抽出率が94%以上の有用な結果を得ることができた。

#### 1. はじめに

NOAA衛星は米国海洋大気庁(National Oceanic and Atmospheric Administration)が運用する気象衛星[2]で、得られる画像は気象以外にも多くの分野で利用されている。特に海洋学では NOAA 衛星画像の解析が重要な研究テーマであり、それで得られるアルゴリズムは他の多くの分野でも有効な場合が多い。情報科学の観点から本報告は海洋学の研究者(以下、専門家と記す)の知識を用いながら画像中の特徴情報の抽出方法の開発と位置付け、以下に述べるような海域カテゴリの境界決定の研究を行った。

海洋学の研究にとって NOAA 画像中の海域を正確に抽出することは研究の第一段階として最も重要なことである。著者らはこれまでに、専門家による各シーンごとの海域の分類情報から作成した3次元ヒストグラム[3]を海域に関する知識として蓄積し、未知画像に対して、この蓄積した海域の3次元ヒストグラムに含まれる画像領域を海域として抽出する方法[4](以下、従来法と記す)

\* 東北大学大学教育研究センター

\*\* 東北大学東北アジア研究センター

を提案してきた。

しかし、一度でも専門家が海域以外の画像領域を海域であると誤って分類した場合、この誤った分類情報は海域として3次元ヒストグラムに蓄積されるため、作成した海域の3次元ヒストグラムは誤りを含むことになり、このような誤りは未知画像からの海域の抽出において、本来海域以外の画像領域として分類されるべき領域を誤って海域として抽出してしまうことになる。海域のヒストグラムが誤りを含む場合、海域の3次元ヒストグラムとそれ以外の3次元ヒストグラムに共通して含まれる画素が存在する。これは本来海域以外のヒストグラムに含まれるべき点が海域のヒストグラムにも含まれるために起こる。実際にN-Land[5]の分類情報に対して海域とそれ以外のヒストグラムを作成した結果、両者に共通して含まれる画素が存在した。したがって、高精度な海域の抽出を行うためには、海域のヒストグラムからこの共通領域の一部を取り除き、海域のヒストグラムを再構成する必要がある。これは見方を変えれば、海域とそれ以外のヒストグラムの境界を決定することに対応する。

一般に海域の抽出率を悪化させる主な原因としては

- (1) 海域の3次元ヒストグラムを作成するのに十分なシーン数が確保できないこと。
- (2) 海域の3次元ヒストグラムの一部が海域以外の3次元ヒストグラムと重複していること。

が考えられるが、(1)は毎日送られてくるデータに対して随時専門家が海域の分類情報を作成し、海域のヒストグラムを更新していくことで改善できるため、これはあまり問題でない。むしろ、シーン数が増えると専門家の分類誤りの数も増えると考えられるので(2)が海域の抽出においてより大きな問題となる。よって、毎日受信するNOAA画像から高精度な海域の抽出を行うためには、海域とそれ以外の画像領域に対して両者のヒストグラムの境界を決定することが重要である。

このような問題が明らかになったので本報告ではその解決方法を提案する。

## 2. N-Land データベースの概要

### 2.1 NOAA AVHRR 画像

東北大学大学院理学研究科では1988年から気象衛星NOAAの受信ならびにデータ解析を開始し、その成果の一つとして東北画像データベース(TAIDAS)[6]、さらに日本画像データベース(JAIDAS)[7]を東北大学東北アジア研究センターと共同で公開している。東北大学で一日に受信される総データ量は約1.5 Gbyteにもおよび、受信範囲は日本を中心とする極東地域である。本研究対象とするAVHRRデータは波長帯域の異なる5つのチャンネル(以下、CHと記す)から構成され、その特性は表1のようになっている[8]。AVHRRの5つのCHのうち、CH1とCH2は太陽光の反射特性を表し、CH4とCH5は地表面からの放射特性を表している。CH3は反射特性と放射特性の両方の特性を有する波長帯で、昼間は反射の影響を強く受ける[9,10]。

本研究で使用したNOAA衛星は11号で、データは昼に得られたAVHRR画像である。使用したCH1～CH5画像はいずれも幾何補正されており、特にCH3～CH5は輝度温度補正もされている[11]。各CHとも1画素最大10bitであり、本研究では分光情報として0～1023の輝度値を直接利用した。

## 2.2 N-Land データベース

N-Land データベースは専門家である川村ら[5]によって、海域、陸域、雲域の分類情報が付加されている東日本画像のデータベースである。図1にN-Landデータベースの一例を示す。このデータは昼間に日本に飛来するNOAA-11号から得られた1989年8月22日のAVHRRデータで、地域は日本画像データベースの東日本地域（1024×1024画素）の一部（東西約490km，南北約770km）である。この地域の北端は函館，西端は名古屋付近までカバーしており，画像には陸域と海域，そして雲域などが混在している。N-Landには図1(a)～(e)に示すAVHRRの5つのCH以外に図1(f)のような海域の分類情報が含まれている。図1(f)における白い領域は，専門家が研究に利用可能な海域を示したもので，地理学的な海とは異なり，雲や海上の霧，かすみなどが存在する画素は海域として分類されていない。N-Landにおける専門家の分類は，晴れた海上の画素(晴天域)の分類と等価と考えることができる。また，このような分類は専門家が1画素ごとにその画素が研究に利用可能な画素かどうか判断して行われており，図1(f)のような海域の分類情報はAVHRR画像の各シーンごとに作成される。

## 3 3次元ヒストグラムを用いた海域の抽出

### 3.1 3次元ヒストグラムの概要

工藤らは[3]，表1に示したAVHRRセンサの5つのCHのうち，3つのCHの輝度値を3次元特徴空間の3つの直交座標軸にそれぞれ対応させて得られる3次元ヒストグラムを作成し，ヒストグラム中に得られるクラスタから霧などの実画像中の対象領域を抽出する方法を開発した。

3つの画像をそれぞれ画像1，画像2，画像3とし，画像の縦横に対応する画素番号を $x$ ， $y$ で表す。

その画素に対応する輝度値を $I_1, I_2, I_3$ とすると，3つの画像において輝度値がそれぞれ $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ となる画素の数（頻度数） $P$ は， $(x, y)$ と $[I_1, I_2, I_3]$ の対応関係を利用して式(1)で表され，これは画像平面を走査することにより得られる。

表1：NOAA AVHRRセンサの観測波長帯

チャンネル	観測波長帯	観測項目
1	0.58～0.68 (可視)	雲, 氷, 雪の領域
2	0.725～1.10 (近赤外)	陸水領域, 陸域植生
3	3.55～3.93 (中間赤外)	表面湿度, 雲の領域
4	10.30～11.30 (熱赤外)	表面湿度, 雲の領域
5	11.50～12.50 (熱赤外)	表面湿度, 雲の領域

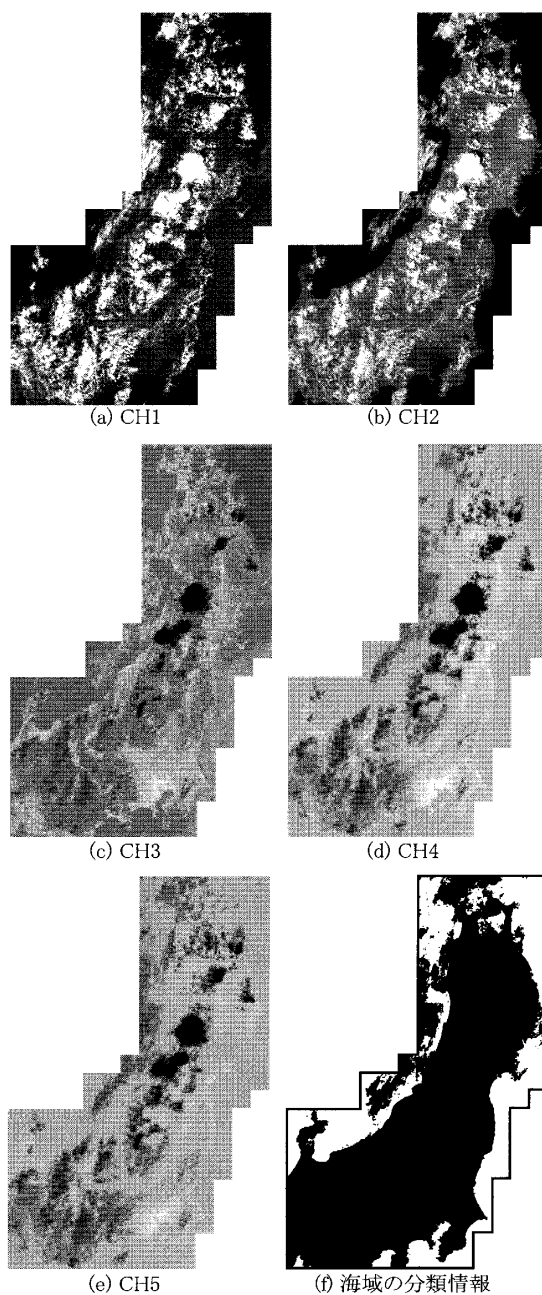


図1：N-Landデータの一例

$$P[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3] = \sum_{x=0}^{width-1} \sum_{y=0}^{height-1} \delta\{\alpha_1, l_1(x, y)\} \cdot \delta\{\alpha_2, l_2(x, y)\} \cdot \delta\{\alpha_3, l_3(x, y)\} \quad (1)$$

ただし、変数  $\alpha_i$  ( $i=1, 2, 3$ ) の変域は

$$0 \leq \alpha_i \leq 2^{10} - 1 = 1023 \quad (i=1, 2, 3) \quad (2)$$

である。ここで、 $[\ ]$ は画像1, 画像2, 画像3に対応する輝度値,  $(\ )$ は画像の縦横に対応する座標を表す。 $width$ ,  $height$ は画像の幅および高さである。また、 $\delta\{i, j\} \equiv \delta_{i,j}$ はKronecker's Delta である。

このようにして作成したPの3次元空間での分布は、3次元ヒストグラムと呼ばれている。3次元ヒストグラムを利用することにより、温度や反射量などの分光情報から決定づけられるカテゴリは、3次元特徴空間内に集中して分布する。したがって、3次元特徴空間内に集中して分布する領域をうまく選択すれば、対象とする画像構成要素を抽出することができる。

### 3.2 従来法の問題点

専門家によって一度でも海域と分類された輝度値の組は、海域カテゴリとして3次元ヒストグラムに蓄積されるので、専門家が1画素でも判断を誤ると抽出過剰画素（専門家が海域以外として分類した画素に対して従来法が海域と分類した画素）として海域の抽出結果に直接影響していた。この抽出過剰画素を抑制するには、例えば、頻度数1以上（3次元ヒストグラム全体）をそのまま利用するのではなく、頻度数2以上あるいはそれ以上の頻度数をもつヒストグラムを利用する方法が考えられるが、抽出過剰画素が抑制されると同時に海域カテゴリとして重要な部分が失われてしまう可能性がある。また、この方法では、頻度数のしきい値はヒストグラムの作成に利用したサンプル数（シーン中に存在する海域の画素数）に依存するため、用いるシーン数を増やせば、頻度数のしきい値も大きくする必要があるが、適切な頻度数を決めるのが困難であるという問題があった。

専門家が分類を誤る可能性が最も高いと考えられる画像領域は、海と陸の境界（海岸線付近）や、海と雲の境界などである。これは特徴空間内では、海域カテゴリの一部とそれ以外のカテゴリの一部とが混在した共通領域に対応する。作成した3次元ヒストグラムが本来求めるべき3次元ヒストグラムより大きければ抽出過剰画素を生じ、小さければ抽出過剰画素が抑制される代わりに抽出不足画素（専門家が海域として分類した画素に対して従来法が海域以外と分類した画素）を生じるが、従来法では、専門家が海域以外を海域と誤った画素は海域としてヒストグラムに蓄積していたため、ヒストグラムの作成に用いるシーン数が増えると抽出過剰画素が多くなる傾向があった。

### 3.3 提案方法

本節では、従来法に見られるシーン数の増加に伴う抽出過剰画素の増加を抑えるため、海域のヒストグラムとそれ以外のヒストグラムの頻度数情報から境界決定を行い、海域のヒストグラムを再

構成する方法を提案する。

本提案法で扱うAVHRRデータは10ビットであるため、頻度数をメモリに1バイトで記憶したとしても3次元特徴空間全体の記憶には最低1ギガバイトの記憶容量が必要である。しかし、分光情報だけで分類可能なカテゴリは3次元特徴空間内に集中して分布するため、特徴空間内の要素の多くは式(1)の頻度数 $P$ が0となる。これは3次元ヒストグラム作成時におけるコンピュータのメモリ容量の削減に利用できる。つまり、この分布特性を利用して頻度数が1以上の特徴空間内の点と、その点の頻度数のみ記憶すれば、3次元特徴空間全体分のメモリを確保する必要はない。頻度数 $P$ が1以上のヒストグラムだけを記憶することによって、高精度な10ビットのデータを直接利用してヒストグラムを作成することができ、また、物理量への変換も高精度に行うことができる。実際に頻度数の記憶を行う場合には1バイト(頻度数255が最大)では不十分なため、十分余裕を見て4バイト(頻度数約43億が最大)で記憶した。

本提案法は、海域の収集、海域以外の収集、海域とそれ以外の境界決定の3つのステップから構成される。以下、それぞれについて具体的に説明する。

### 3.3.1 海域の収集

海域の収集では、まず、時系列的に並んだ複数シーンのAVHRR画像と、専門家による分類情報を用意する。次に、分類情報をもとに海域の3次元ヒストグラムを各シーン毎に作成する。各シーン毎に3次元ヒストグラムを作成する理由は、前日までの海域のヒストグラムから作成したその日の抽出結果を専門家が判断して修正を行うため、専門家にとっては従来の対話的なカテゴリ分類法[12]のようにシーン毎のヒストグラムが確認できることが望ましいからである。このようにして作成した複数の3次元ヒストグラムに対して、3次元空間上の同一点どうしの頻度数を加算して1つの3次元ヒストグラムを作成する。この操作により各3次元ヒストグラム上の同じ点は海域カテゴリに関する重要な点としてそれだけ頻度数が大きくなる。以上の手順を式で表すと次のようになる。

$$P_s[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3] = \sum_{x=0}^{width-1} \sum_{y=0}^{height-1} \delta\{\alpha_1, I_1(x, y)\} \cdot \delta\{\alpha_2, I_2(x, y)\} \cdot \delta\{\alpha_3, I_3(x, y)\} \cdot \delta\{\text{CLASS}(x, y), \text{SEA}\} \quad (3)$$

ここで $\text{CLASS}(x, y)$ は画像平面内の位置 $(x, y)$ の分類情報を表し、 $\delta\{\text{CLASS}(x, y), \text{SEA}\}$ は、位置 $(x, y)$ の分類情報が海域のとき1、そうでないとき0となる。

これは専門家の分類情報を海域の3次元ヒストグラムの一部として蓄積していくことを意味している。したがって海域の画素を十分多く収集すれば、海域の3次元ヒストグラム全体を構成できる。

図2(a)に1989年のN-Landデータから、CH1, CH2, CH3を用いて作成した海域の3次元ヒストグラムを示す。海域の3次元ヒストグラムは図2(a)のように特徴空間内に集中して分布する。

### 3.3.2 海域以外の収集

3.2節で述べたように、高精度な海域の抽出には海域とそれ以外のヒストグラム上の境界を決定することが重要なため、海域と同様に海域以外の収集も行う。

手順は3.3.1節での海域の分類情報の代わりに、海域以外の分類情報を収集すればよい。これを式で示すと次のようになる。

$$P_o[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3] = \sum_{x=0}^{width-1} \sum_{y=0}^{height-1} \delta\{\alpha_1, I_1(x, y)\} \cdot \delta\{\alpha_2, I_2(x, y)\} \cdot \delta\{\alpha_3, I_3(x, y)\} \cdot \delta\{\text{CLASS}(x, y), \text{OTHER}\} \quad (4)$$

ここで  $\delta\{\text{CLASS}(x, y), \text{OTHER}\}$  は、位置  $(x, y)$  の分類情報が海域以外のとき1、そうでないとき0となる。

図2(b)に海域以外の3次元ヒストグラムを示す。海域以外の3次元ヒストグラムには陸域や雲域などが混在しているため、図2(b)に比べて広範囲に分布する。

### 3.3.3 海域とそれ以外の境界決定

海域とそれ以外の境界決定を行うことは、海域とそれ以外のヒストグラム上での共通領域を、海域とそれ以外に分けることに等しい。ここで共通領域とは

$$P_s[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3] \geq 1 \text{ かつ } P_o[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3] \geq 1 \quad (5)$$

を満たす3つの輝度値の組  $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3]$  から構成されるヒストグラムのことである。この共通領域におけるヒストグラム上のある点に着目する。この点は共通領域であるから海域とそれ以外のヒストグラムの両方に含まれる。よってこの点の頻度数は海域のヒストグラムの頻度数とそれ以外のヒストグラムの頻度数とを足し合わせたものになる。頻度数は収集した画像中における画素数に対応しているから、この点の輝度値の組  $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3]$  を式(3)(4)に代入すれば、海洋学の専門家がこの輝度値の組を海域として分類する回数が多いか、それ以外として分類する回数が多いかが分かる。海域と分類する回数が多いければ海域の抽出率の向上につながると考えられるのでこの点を海域のヒストグラムとして残し、そうでない場合は海域のヒストグラムから削除した。

この作業を3.3.1節で作成した海域のヒストグラムのすべての点に対して行った。これは海域のヒストグラム  $P_s$  の各点の頻度数から海域以外のヒストグラム  $P_o$  の同じ点の頻度数を引き算し、値が正の点を新しい海域のヒストグラム  $P_s'$  とみなすことに等しい。これを式で表すと、式(6)のようになる。

$$P_s'[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3] = \begin{cases} P_s[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3] - P_o[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3] & \text{if } P_s > P_o \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

ここで再構成した海域のヒストグラム  $P_s'$  は頻度数を判断基準とし、少なくとも  $P_s$  の作成に用いたシーンに対しては抽出率が向上するように、海域とそれ以外のヒストグラムの境界を決定したもの



になっている。

つまり、 $P_s > P_0$ を満たす輝度値の組 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3]$ は海域のヒストグラムに含まれる場合が、それ以外のヒストグラムに含まれる場合より多いことを意味するため、海域の抽出率を上げるためには、この輝度値の組を海域のヒストグラムに含むほうが有利である。

一方、 $P_s < P_0$ を満たす場合は、 $P_s > P_0$ とは逆に、輝度値の組が海域以外のヒストグラムに含まれる場合の方が多いため、この輝度値の組を用いて海域の抽出を行うと抽出率を下げってしまう。よって、 $P_s < P_0$ を満たす輝度値の組は海域のヒストグラムに含まないほうがよいと考えられる。

以上の方法で、 $P_s$ と $P_0$ から新たに $P_s'$ を作成することで海域とそれ以外のヒストグラムの境界を決定することができ、その結果として未知画像に対する海域の抽出率の向上が期待できる。

図2(c)に図2(a)と図2(b)を用いて再構成した海域の3次元ヒストグラムを示す。図2(c)は図2(a)と図2(b)の共通領域の境界決定が行われたものになっている。

## 4 評価

### 4.1 実験方法

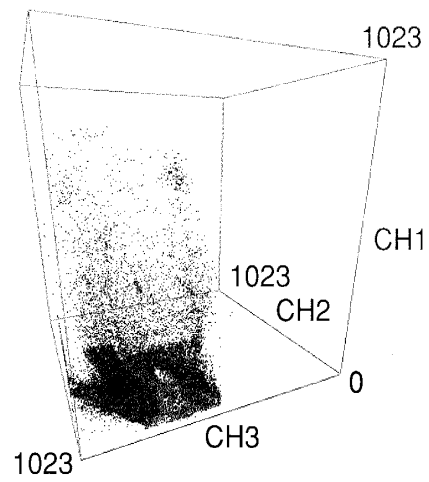
本研究で対象としたN-Landの期間は1989年（全63シーン）と1990年（全28シーン）の2年間である。これらのデータのうち、1989年のデータを海域の3次元ヒストグラムの作成用に、1990年のデータを海域の抽出結果の評価用に利用した。

なお、これらのデータは専門家が陸奥湾研究のために現場観測データの観測日の付近で、陸奥湾がよく確認できる画像という条件で選出されたものである。

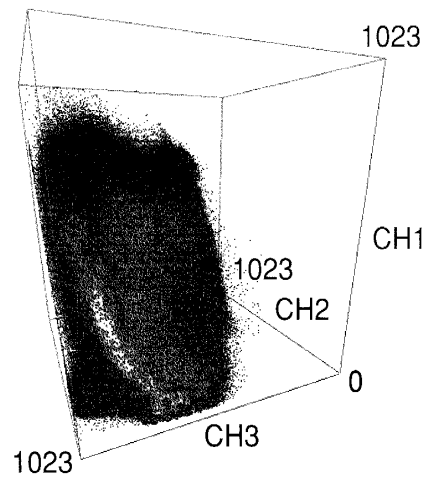
まず、1989年(全63シーン)のデータを用いて専門家の分類情報から海域とそれ以外の3次元ヒストグラムを各々作成する。3.2節で述べた従来法は前者のヒストグラムのみを用いて海域の抽出を行う方法であった。次に、作成したこれら2つのヒストグラムを用いて3.3.3節の方法で海域とそれ以外のヒストグラムの境界を決定し、海域の3次元ヒストグラムを再構成する。本提案法ではこの再構成した境界決定後のヒストグラムを用いて海域の抽出を行う。

ここでは、1990年(全28シーン)のデータを未知画像とみなし、境界決定後のヒストグラムを用いる本提案法と、境界決定を行わない従来法の両方から得られる海域の抽出結果を専門家の分類情報と比較する。専門家の分類情報(正解)に対してこれらの方法がどのくらい正しく海域を抽出したかを示す指標として式(7)を用いた。

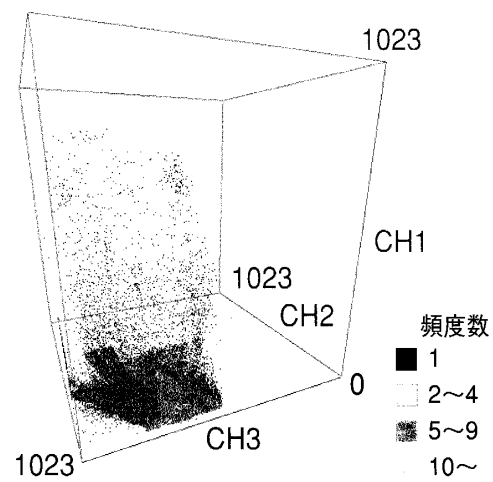
$$\text{抽出率} = \left\{ \frac{1 - \text{抽出過剰画素数} + \text{抽出不足画素数}}{\text{総画素数}} \right\} \times 100 (\%) \quad (7)$$



(a) 海域の3次元ヒストグラム



(b) 海域以外の3次元ヒストグラム



(c) (a)と(b)から再構成した海域の3次元ヒストグラム

図2：使用した3次元ヒストグラムの一例

表2：本提案法と従来法[4]のCHの組に対する平均抽出率の比較

CHの組	平均抽出率[%]	
	従来法[文献4]	提案方法
123	93.64	94.08
124	93.28	93.70
125	93.22	93.66
134	83.17	85.21
135	82.74	83.52
145	80.89	83.86

ここで、総画素数はN-Landの画像に含まれる全ての画素数、抽出過剰画素数は専門家が海域と分類していない画素に対して本提案法が海域と分類した画素数、抽出不足画素数は専門家が海域と分類している画素に対して本提案法が海域と分類しなかった画素数である。すなわち、抽出結果が専門家の分類情報と完全に等しい場合、抽出率は100%となる。

実験は1990年のデータに対して各シーン毎に抽出率を求め、全28シーンに対する抽出率の相加平均(以下、平均抽出率と記す)で示した。

## 4.2 実験結果と考察

表2は本提案法と従来法を用いたCHの組ごとの1990年のN-Landデータに対する平均抽出率を示している。1列目のCHの組はヒストグラムの作成に用いたCHを示しており、例えば123は、CH1, CH2, CH3から作成したヒストグラムを用いて海域の抽出を行ったことを示している。

海域の抽出に用いる3次元ヒストグラムはAVHRRの5つのCHのうち、3つのCHを用いて作成するため、 ${}_5C_3 (=10)$ 通りの組み合わせが考えられるが、ここでは本提案法における平均抽出率の上位6つのみを示した。これら上位6つはすべてCH1が含まれており、これは従来法から得られた「海域の抽出には反射特性に関わるCH1とCH2が重要である」という知見と一致する。

表2を見ると、いずれのCHの組でも従来法より本提案法の方が平均抽出率が高いことがわかる。従来法と本提案法の平均抽出率の差は多いもので数%であるが、毎日のデータを追加していくと専門家の目視による誤りも増えると考えられるので、誤りを修正する機能をもたない従来法と本提案法の平均抽出率の差はさらにデータを増やしていくことで広がると考えられる。

次に抽出結果の一例を示す。図4.2はNOAA-11号の1990年5月17日におけるCH1, CH2, CH3の3次元ヒストグラムを用いた場合の抽出結果の一例である。(a)はRGBにそれぞれCH1, CH2, CH1のカウント値を対応させて作成した擬似カラー画像上に、専門家が手作業で分類した海域を赤色で重ねた画像である。同様に(b)は従来法による抽出結果を、(c)は本提案法による抽出結果を赤色で示している。

まず、図4.2における領域Aに着目する。領域Aは(b)が(a)と比べて海域を過剰に抽出しているが、

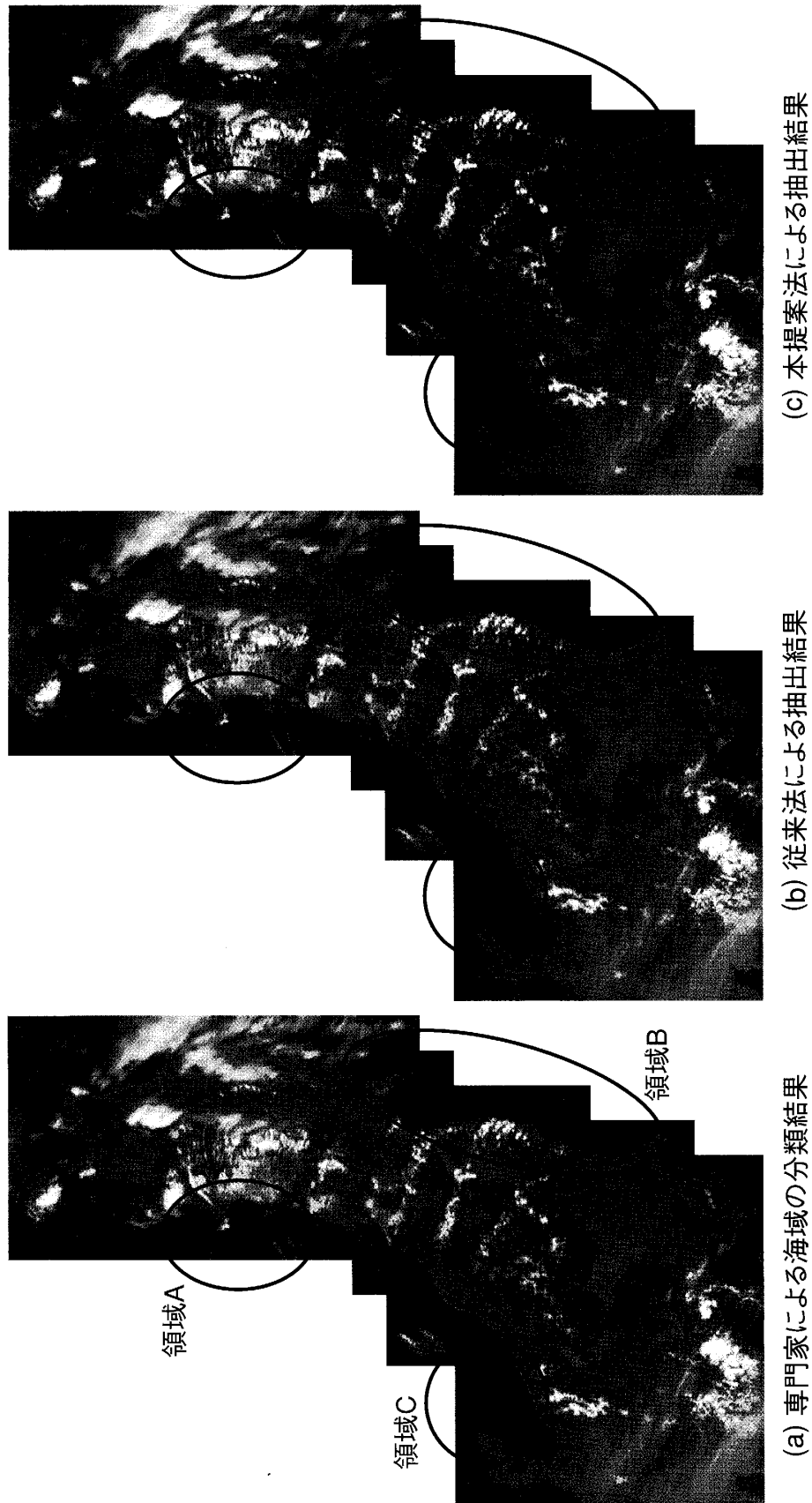


図3 CH1, 2, 3を用いた海域の抽出結果 (NOAA-11号1990年5月17日)

(c)では抑制することに成功しており、(a)に近い結果が得られている。これは本提案法で海域とそれ以外のヒストグラムの境界決定を行った結果、海域以外のヒストグラムに含まれるべき輝度値の組が海域のヒストグラムから取り除かれたため、(b)より(c)の方がより(a)に近くなり、高精度に海域を抽出できたことを示している。本提案法で目的としているのはまさにこの効果による抽出率の向上である。

次に領域Bについて説明する。領域Bでは(b)と(c)の結果が非常に似ているが(a)とはだいぶ異なっている。これは海域のヒストグラムを作成するときに用いたシーン中に、この差を生じている画素に相当する輝度値の組が表れなかったことを示している。このような領域はヒストグラムを作成するときに用いるシーン数を増やすことで改善できる。本研究では受信した画像を毎日追加していくことを想定しているため、領域Bにおける抽出不足の画素は日々減少していくと考えられる。

領域Cでは領域A,Bとは異なり、(c)より(b)の方が(a)に近くなっている。これは3.3.3節で述べた境界決定の方法から説明すれば、(b)で抽出されて(c)で抽出されていない画素に対応する輝度値の組は、専門家によって海域として分類されるより、それ以外として分類された頻度数の方が多いことを示している。言い換えると、専門家が分類した輝度値の組は、ヒストグラムの作成に用いたデータ中では海域以外であると分類した方が多いにもかかわらず、未知画像のこの例では海域であると分類していることになる。

この理由として主に次の2つが考えられる。まず1つめは、これらの輝度値の組が海域であるかそうでないかを判断するのが極めて難しい場合である。この場合には、海域であると分類する頻度数とそれ以外であると分類する頻度数が非常に近い値となるため、頻度数が1違うだけでもどちらか一方に決まってしまうからである。

2つめは、海域を分類する場合に専門家が輝度値を判断基準として用いない場合である。本提案法は分光情報のみを用いる方法であるため、輝度値以外の判断基準を用いた分類は行うことができないからである。

前者に対しては、CH4あるいはCH5を用いることで分類が可能になる場合があるので、このような場合には本提案法を3次元から多次元に拡張することで抽出率が改善される可能性があるが、専門家が後者のような判断を用いている場合には、分光情報を用いた本提案法をベースとして、さらにテクスチャ情報を用いる方法を組み合わせるなどして対応する必要があると考えられる。

本提案法による抽出結果には、以上のような領域A,B,Cの3つのパターンがあるが、表2に示すように、本提案法は従来法と比べ平均抽出率が向上していることから、領域Cのような場合は極めて稀であると考えられる。

## 5 おわりに

本研究は専門家の手作業による海域の分類情報からヒストグラムを作成し、これを用いて自動的に専門家の分類に近い抽出を行うことで、専門家が行う未知画像からの海域の抽出を補助するもの

である。従来法では専門家が多く画像から海域を分類すればするほど、形成される海域のヒストグラムは正確なものになる一方、専門家が海域として分類した画素はすべてヒストグラム上に蓄積されるため、海域とそれ以外の境界領域におけるわずかな分類誤りもそのまま蓄積されてしまうという問題があった。本研究ではヒストグラムの頻度数情報を利用して、海域とそれ以外のヒストグラムの境界を決定し、海域のヒストグラムを再構成することで従来法の利点を生かしつつ、境界領域の分類誤りを修正する方法を提案した。本提案法を用いれば、専門家が毎日の画像から海域を分類してその結果をヒストグラムに随時追加していく場合にも、海域とそれ以外のカテゴリの境界付近で生じる分類誤りを修正することができ、さらに、未知画像に対する海域の抽出率も結果で示したとおり向上することが確認できた。

今後は本提案法を海域以外の他のカテゴリについても利用できるようにするとともに、本提案法の利用範囲を拡大する予定である。

## 謝辞

本研究を行うにあたり N-Land データの提供ならびに有意義なご助言、ご教示を頂いた東北大学大学院理学研究科川村宏教授に感謝する。

## 参考文献

- [1] J. C. Barnes, M. D. Smallwood:TIROS-N/NOAA Series Direct Readout Services Users Guide,U.S. Department of Commerce of NOAA (1982).
- [2] Katherine B. Kidwell:NOAA POLAR ORBITER DATA USERS GUIDE,US.GOVERNMENT PRINTING OFFICE (1995).
- [3] J. Kudoh, and S. Noguchi:A Study of Three-Dimensional Histogram Using the NOAA AVHRR Images,IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing,Vol.29, No.5, pp.736--741 (1991).
- [4] 河野 公一, 工藤 純一, 牧野 正三:3次元ヒストグラムを用いたNOAA AVHRR画像からの海域の抽出法,画像電子学会誌, Vol.28, No.6, pp.704--711 (1999).
- [5] H. Kawamura, and Y. Edamatsu:N-Land Database for Researches of the Japanese Land and Coastal Area with Complicated Geographical Features,IEEE 1993 International Geoscience and Remote Sensing Symposium,Vol.4, pp.1941--1943 (1993).
- [6] J. Kudoh, H. Kawamura, S. Matsuzawa, S. Obata, and Y. Nemoto:A Building of New Tohoku Image Database (TIDAS),IEEE 1993 International Geoscience and Remote Sensing Symposium,Vol.4, pp.2099--2101 (1993).
- [7] 川村 宏, 工藤 純一, 木津 正一, 根元 義章:日本画像データベース(Japan Image Database),東北大学大型計算機センター広報 (SENAC),Vol.27, pp.7--13 (1994).
- [8] 日本リモートセンシング研究会:図解リモートセンシング,日本測量協会 (1992)

- [9] 堤 捨男:受動式赤外線検出,赤外線技術,Vol.5, pp.2 – – 21 (1980).
- [10] 高木 幹雄:気象衛星(NOAA)受信システム,航水研ノート, 空と海, Vol.6, pp.51 – – 63 (1983).
- [11] 日本電気株式会社:人工衛星NOAA – HRPTデータ処理装置及び解析装置 データ処理ソフトウェア 取扱説明書(1988).
- [12] 工藤 純一, 野口 正一:NOAA AVHRR画像の 3 次元解析システム,情報処理学会論文誌, Vol.32, No.5, pp.608 – – 617 (1991).